



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원 번호 : 10-2003-0002354
Application Number

출원 년 월 일 : 2003년 01월 14일
Date of Application JAN 14, 2003

출원인 : 한국과학기술원
Applicant(s) Korea Advanced Institute of Science and Technology



2003 년 12 월 01 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【관리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2003.01.14
【발명의 명칭】	음향 홀로그래피를 이용한 개별 음원의 음장 영상화 방법
【발명의 영문명칭】	Method for visualizing the sound fields of individual sources by acoustic holography
【출원인】	
【명칭】	한국과학기술원
【출원인코드】	3-1998-098866-1
【대리인】	
【성명】	전영일
【대리인코드】	9-1998-000540-4
【포괄위임등록번호】	1999-050824-9
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김양한
【성명의 영문표기】	KIM, Yang Hann
【주민등록번호】	500821-1041711
【우편번호】	305-340
【주소】	대전광역시 유성구 도룡동 383-20
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	남경욱
【성명의 영문표기】	NAM, Kyoung Uk
【주민등록번호】	740502-1057118
【우편번호】	421-160
【주소】	경기도 부천시 오정구 내동 11-2
【국적】	KR
【공지에외적용대상증명서류의 내용】	
【공개형태】	간행물 발표
【공개일자】	2002.08.19
【심사청구】	청구

【취지】

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인
전영일 (인)

【수수료】

【기본출원료】 20 면 29,000 원

【가산출원료】 7 면 7,000 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 3 항 205,000 원

【합계】 241,000 원

【감면사유】 정부출연연구기관

【감면후 수수료】 120,500 원

【첨부서류】

1. 요약서·명세서(도면)_1통 2. 공지에외적용대상(신규성상실의예외, 출원시의특례)규정을 적용받기 위한 증명서류_1통

【요약서】**【요약】**

본 발명은 음향 홀로그래피를 이용한 음원의 음장 영상화 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, 다수의 음원들 중에서 같은 주파수 성분들을 갖는 개별 음원의 음장을 구별하여 영상화하는 방법에 관한 것이다.

이를 위해, 본 발명은 음향 홀로그래피(Acoustic Holography)를 이용한 음원의 음장 영상화 방법에 있어서, 홀로그램면에서 측정한 음압을 이용하여 음원면에서의 음압을 계산하는 제1 단계; 상기 음원면에서의 가장 큰 음압의 위치를 갖는 하나의 음원을 추출하고, 상기 위치의 음압값을 자신의 완전 상관신호로 결정하는 제2 단계; 상기 완전 상관신호를 이용하여 상기 추출한 음원의 음장을 도출하는 제3 단계; 상기 전체 음원의 음장에서 상기 추출한 음원의 음장을 제거하고, 나머지 음장이 존재하는지를 판별하는 제4 단계; 및 상기 제4 단계에서 나머지 음장이 존재하는 경우에는, 상기 제2 단계로 회귀하는 제5 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 개별 음원의 음장 영상화 방법을 제공한다.

본 발명에 따르면, 자동차의 타이어, 엔진, 공력 소음 측정 등과 같은 소음원의 가까이에 센서를 설치하기 어려운 경우에도, 소프트웨어적인 수행과정만으로 개별 소음원들을 구별할 수 있는 효과가 있다.

【대표도】

도 3b

1020030002354

출력 일자: 2003/12/4

【색인어】

홀로그래피, 음원, 음압, 음장, 영상화

· 【명세서】

【발명의 명칭】

음향 홀로그래피를 이용한 개별 음원의 음장 영상화 방법{Method for visualizing the sound fields of individual sources by acoustic holography}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 일반적인 단일입력/단일출력 계 블록 구성도,

도 2는 일반적인 2입력/단일출력 계의 블록 구성도,

도 3a, 3b는 본 발명에 따른 개별 음원들의 음장을 구하기 위한 신호처리 과정의 개념도 및 순서도,

도 4a는 본 발명의 일 실시예에 따른 음향 홀로그래피 시스템의 사시도,

도 4b, 4c는 도 4a에서의 검증을 위한 스피커 실험장치의 상부 개략도 및 측면 개략도,

도 5는 도 4a에서의 한 개의 스피커만을 구동 시킨 경우에 하나의 기준 마이크로폰에서 측정한 음압의 스펙트럼 그래프,

도 6은 일반적인 방법에 따른 도 5의 음원면 음압의 음장 분포도,

도 7a 내지 7d는 본 발명에 따른 도 5에서의 각각의 스피커들의 음압의 음장 분포도.

※ 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 ※

100: 아크릴 상자

10 내지 60: 스피커

70: 마이크로폰 어레이

80: 컴퓨터

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

- <14> 본 발명은 음향 홀로그래피를 이용한 음원의 음장 영상화 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, 다수의 음원들 중에서 같은 주파수 성분들을 갖는 개별 음원의 음장을 구별하여 영상화하는 방법에 관한 것이다.
- <15> 음향 홀로그래피 방법은 홀로그램면이라고 불리는 임의의 2차원 면에서 음압을 측정하여 다른 임의의 위치에서 음압, 속도, 인텐시티(Intensity) 등의 음향 물리량들을 예측하는 것을 말한다. 이러한 음향 홀로그래피를 이용하여 소음원의 위치 및 방사 특성 등을 파악할 수 있으며, 자동차 산업이나 군수 산업, 음향학을 연구하는 학교 연구실 등에서 폭넓게 연구, 사용되고 있다.
- <16> 실제적인 소음원의 파악을 가능하게 한 근접장 음향 홀로그래피는 Williams와 Maynard에 의해 제안되었고[E. G. Williams and J. D. Maynard, "Holographic imaging without the wavelength resolution limit," Phys. Rev. Let., 45, 554-557, 1980], 그 응용이나 개선에 관한 많은 연구가 계속 진행되고 있다.
- <17> 홀로그램면에서 음압 측정 방법은, 모든 측정점에서 음압을 동시에 측정하는 방법[J. D. Maynard and E. G. Williams, "Nonwavelength-limited holographic sound field

reconstruction," US patent 4415966, 1983]과 순차적으로 측정하는 방법[J. Hald, "STSF- a unique technique for scan-based near-field acoustic holography without restrictions on coherences," B&K Technical Review No. 1, 1989], 연속적으로 측정하는 방법[H.-S. Kwon and Y.-H. Kim, "Moving frame technique for planar acoustic holography," J. Acoust. Soc. Am., 103, 1734-1741, 1998], 대한민국 등록특허 제 217872호의 이동 음원의 홀로그램을 측정하여 음향 특성을 영상화하는 시스템 및 방법[김양한, 권휴상, 1998] 등이 알려져 있다.

<18> 그리고, 대한민국 등록특허 제366206호에는 협대역 소음을 영상화하는 시스템 및 방법, 이를 이용하여 운송기계의 상태를 모니터링하는 시스템과 방법이 게시되어 있다.

<19> 음향 홀로그래피 방법은 홀로그램면의 형상에 따라 평면형 음향 홀로그래피(planar acoustic holography), 원통형 음향 홀로그래피(cylindrical acoustic holography), 구형 음향 홀로그래피(spherical acoustic holography) 등을 이용하여 음향의 음압을 측정한다.[J. D. Maynard, E. G. Williams and Y. Lee, "Nearfield acoustic holography: I. Theory of generalized holography and development of NAH," J. Acoust. Soc. Am., 78, 1395-1413, 1985].

<20> 또한, 경계요소법(Boundary element method)에 기초해 임의의 형상을 갖는 홀로그램면에 대한 적용 방법도 개발되어졌다[W. A. Veronesi and J. D. Maynard, "Digital holographic reconstruction of sources with arbitrarily shaped surfaces," J. Acoust. Soc. Am., 85, 588-598, 1989].

<21> 상기와 같은 음향 홀로그래피 자체에 대한 연구들은 주로 전체 음장을 구하는 것에 그 초점이 맞춰져 있는데, 같은 주파수 성분을 갖는 다수의 소음원이 존재할 때에는 이러한 연구

들에 의해서는 개별 소음원에 의한 음장을 구하지 못하고, 단지 개별 음장들의 합 만을 구할 수 있을 뿐이다.

<22> 한편, 다수의 소음원이 존재하는 경우, 음향 홀로그래피에서 음장이 정상(Stationary)이고, 소음원들이 완전 비상관(incoherent)인 조건에서 개별 소음원들에 의한 음장을 구할 수 있는 방법으로는 다음과 같은 종래기술들이 있다.

<23> Hald는 특이치 분리 방법(singular value decomposition)을 이용해 개별 음장들을 구하려고 시도하였고[J. Hald, "STSF- a unique technique for scan-based near-field acoustic holography without restrictions on coherence," B&K Technical Review No. 1, 1989], Hallman과 Bolton은 부분 기여도 함수 방법(partial coherence method)에 기초해 개별 음장들을 구하려고 하였다[D. Hallman and J. S. Bolton, "Multi-reference near-field acoustic holography," Proc. of Inter-Noise 92, 1165-1170, 1992]. Kwon과 Bolton은 나머지 방법(residual method)을 이용해 개별 음장들을 구하는 방법을 제안하였고[H.-S. Kwon and J. S. Bolton, "Partial field decomposition in nearfield acoustical holography by the use of singular value decomposition and partial coherence procedures," Proc. of Noise-Con 98, 649-654, 1998], Ruhala와 Burroughs는 부분 기여도 함수 방법을 수정한 방법을 제안하였다[R. J. Ruhala and C. B. Burroughs, "Separation of leading edge, trailing edge, and sidewall noise sources from rolling tires," Proc. of Noise-Con 98, 109-114, 1998].

<24> 그런데, 이러한 방법들은 각각의 소음원 가까이에 센서를 설치하여 각 소음원의 위치를 사전에 미리 파악해야 하는 문제점이 있다. 또한, 음향 홀로그래피를 수행하기 전에 소음원의 위치를 미리 파악함으로써, 소음원의 위치 파악을 목적으로 하는 음향 홀로그래피 방법과 상충되는 모순점을 내포하고 있다.

- <25> 이하, 음향 홀로그래피에서 음장이 정상이고, 소음원이 완전 비상관(incoherent)인 경우에 주파수 영역에서 개별 소음원들에 의한 음장을 구하는 방법을 설명한다.
- <26> 도 1은 일반적인 단일입력/단일출력 계의 블록 구성도이고, 도 2는 일반적인 2입력/단일출력 계의 블록 구성도이다.
- <27> 도 1에서, 입력신호 $X(f)$ 는 잡음 $N(f)$ 에 의해 왜곡되어 $Y(f)$ 의 신호로 출력된다. 이 때, 잡음 $N(f)$ 는 입력신호 $X(f)$ 와 완전 비상관의 관계이며, 측정 출력신호 $Y(f)$ 와 입력신호 $X(f)$ 를 동시에 측정하면, 왜곡되지 않은 출력신호 $Y(f)$ 의 자기 스펙트럼(auto-spectrum)을 아래의 수학적식1을 이용하여 구할 수 있다.
- <28>
$$S_{YY}(f) = \frac{|S_{XY}(f)|^2}{S_{XX}(f)}$$

【수학적식 1】
- <29> 여기서, $S_{XX}(f)$ 는 입력신호 $X(f)$ 의 자기 스펙트럼, $S_{XY}(f)$ 는 입력신호 $X(f)$ 와 측정한 출력신호 $Y(f)$ 의 상호 스펙트럼(cross spectrum)을 나타낸다.
- <30> 상기 입력신호 $X(f)$ 대신에 아래의 수학적식2와 같은 입력신호 $X(f)$ 와 선형관계 혹은 완전 상관(coherent)인 신호를 측정하여 상기 수학적식1에 대입하면, 상기 수학적식1은 아래의 수학적식3과 같이 나타낼 수 있다.

<31> **【수학적식 2】** $R(f) = C(f)X(f)$

<32>
$$S_{YY}(f) = \frac{|S_{RY}(f)|^2}{S_{RR}(f)}$$

【수학적식 3】

<33> 도 2에서, 두 입력신호 $X_1(f)$ 와 $X_2(f)$ 는 상호 독립적으로 구동되는 완전 비상관 관계인 경우에, 출력신호 $Y(f)$ 의 자기 스펙트럼은 아래의 수학식4와 같이 각 입력 혹은 각 소음원에 의한 기여량의 합으로 표현된다.

<34> **【수학식 4】**
$$S_{YY}(f) = S_{Y1Y1}(f) + S_{Y2Y2}(f)$$

<35> 여기서, $S_{Y1Y1}(f)$ 는 첫 번째 입력에 의한 스펙트럼, $S_{Y2Y2}(f)$ 는 두 번째 입력에 의한 스펙트럼을 나타낸다.

<36> 상기 $X_1(f)$ 와 $X_2(f)$ 는 서로 완전 비상관 관계이므로, $X_1(f)$ 의 입장에서 보면 $X_2(f)$ 에 의한 출력은 잡음일 뿐이다. 따라서, 출력신호 $Y(f)$ 와, $X_1(f)$ 혹은 $X_1(f)$ 에 완전상관인 신호 $R_1(f)$ 를 측정하면, 첫 번째 입력신호 $X_1(f)$ 의 기여량은 아래의 수학식5와 같이 구할 수 있다.

<37> **【수학식 5】**
$$S_{X1X1}(f) = \frac{|S_{X1Y}(f)|^2}{S_{YY}(f)} = \frac{|S_{YR1}(f)|^2}{S_{R1R1}(f)}$$

<38> 상기와 같이 음향계에서 다수의 독립 또는 완전 비상관 소음원이 존재하는 경우, 출력 스펙트럼에 대한 개별 소음원들의 기여량을 구하기 위해서는 각 소음원들의 입력신호 또는 각각의 소음원에 완전 상관신호를 구해야 한다.

<39> 상기 개별 소음원들의 입력신호 또는 완전 상관인 신호는 각 소음원 근처의 진동 또는 음압신호로부터 얻을 수 있는데, 앞 서 언급한 바와 같이, 음향 홀로그래피를 이용하여 개별 소음원들에 의한 음장을 구하는 방법은 기준 마이크로폰 등의 센서를 각각의 소음원들의 가까이 두고, 각 소음원의 진동 또는 음압신호를 측정하여야지만 구할 수 있다.

<40> 종합해 보면, 종래의 음향 홀로그래피 방법은 같은 주파수 성분에 다수의 소음원이 존재하는 경우에는 개별 소음원들에 의한 음장을 구하지 못하고 그 합만을 구할 수 있다.

<41> 또한, 각각의 소음원의 가까이에 위치시킨 센서를 이용하여 측정된 신호를 이용하여 개별 음장들을 구하기 때문에, 홀로그래피 수행 전에 소음원의 위치를 미리 파악해야하는 문제점이 있다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<42> 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 목적은 음향 홀로그래피 수행 전에 소음원 가까이에 센서를 설치하여 소음원의 위치를 측정할 필요없이, 홀로그램면에서 측정된 음압을 이용하여 음원면에서 가장 큰 음압의 위치를 갖는 음장의 음압값을 자신의 완전 상관신호로 결정하고, 상기 완전 상관신호를 이용하여 음원의 음장을 구하는 방법을 제공하는 데 있다.

【발명의 구성 및 작용】

<43> 상기한 목적을 달성하기 위하여 본 발명은, 음향 홀로그래피(Acoustic Holography)를 이용한 음원의 음장 영상화 방법에 있어서, 홀로그램면에서 측정된 음압을 이용하여 음원면에서의 음압을 계산하는 제1 단계; 상기 음원면에서의 가장 큰 음압의 위치를 갖는 하나의 음원을 추출하고, 상기 위치의 음압값을 자신의 완전 상관신호로 결정하는 제2 단계; 상기 완전 상관신호를 이용하여 상기 추출한 음원의 음장을 도출하는 제3 단계; 상기 전체 음원의 음장에서 상기 추출한 음원의 음장을 제거하고, 나머지 음장이 존재하는지를 판별하는 제4 단계; 및 상

기 제4 단계에서 나머지 음장이 존재하는 경우에는, 상기 제2 단계로 회귀하는 제5 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 개별 음원의 음장 영상화 방법을 제공한다.

<44> 또한, 상기 제3 단계에서의 음원의 음장은, 상기 완전 상관신호를 이용하여 상기 음원면 각 점에서의 자기 스펙트럼과 서로 다른 점들 사이의 상호 스펙트럼으로 구성되는 스펙트럴 행렬에서의 각 음원의 기여량을 계산하여 도출하는 것을 특징으로 하는 개별 음원의 음장 영상화 방법을 제공한다.

<45> 이하, 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명의 일 실시예에 따른 음향 홀로그래피를 이용한 개별 음원의 음장 영상화 방법을 보다 상세하게 설명하기로 한다.

<46> 도 3a, 3b는 본 발명에 따른 개별 음원들의 음장을 구하기 위한 신호처리 과정의 개념도 및 순서도이다.

<47> 도 3b에서, 먼저, 홀로그램면에서의 음압을 측정한다.(S300)

<48> 그리고, 음향 홀로그래피 방법을 이용하여 음원들이 놓여져 있는 2차원 음원면의 음장을 구한다.(S310)

<49> 그런 다음, 상기 음원면에서 가장 큰 음압의 위치를 첫번째 음원의 위치로 결정하고, 상기 첫번째 음원의 위치의 음압값을 자신의 완전 상관신호로 선정한다.(S320, S330)

<50> 그리고, 상기 S320 단계에서 선정한 완전 상관신호를 이용하여 상기 첫번째 음원에 의한 음장을 구한다.(S340)

<51> 그리고, 전체 음장에서 첫번째 소음원에 의한 음장을 제거한 나머지 음장이 존재하는 지를 판별한다.(S350)

<52> 상기 전체 음장에서 첫번째 음장을 제거한 나머지 음장이 존재하는 경우에는, 전체 음장에서 첫번째 음장을 제거한 나머지 음장을 도출한 뒤, 상기 S320 내지 S350 단계를 반복, 수행한다.(S360)

<53> 상기와 같은 과정을 반복, 수행하여 전체 소음원에서 각각의 소음원들에 의한 개별 음장을 구한다.

<54> 상기와 같은 과정은, 음원면 각 점에서의 자기 스펙트럼과 서로 다른 점들 사이의 상호 스펙트럼으로 구성된 스펙트럴 행렬(spectral matrix)로부터 각각의 음원과 완전 상관신호를 선정된 뒤, 상기 완전 상관신호를 이용하여 각각의 음원의 음장을 구별하는 것이다.

<55> 이하, 이러한 과정을 수학적식을 참조하여 상세히 설명한다.

<56> 상기 S300단계에서 측정한 음원면 N개 위치의 음압을 $P_{S1}(f)$, ..., $P_{SN}(f)$ 라고 하면, 음원면 각 점에서의 자기 스펙트럼과 서로 다른 점들 사이의 상호 스펙트럼으로 구성된 스펙트럴 행렬(spectral matrix) $S_{SS}(f)$ 는 아래의 수학적식6과 같이 표현된다.

<57>

$$S_{SS}(f) = E \left\{ \begin{bmatrix} P_{S1}^*(f) \\ \vdots \\ P_{SN}^*(f) \end{bmatrix} [P_{S1}(f) \quad \dots \quad P_{SN}(f)] \right\}$$

$$= \begin{bmatrix} E[P_{S1}^*(f)P_{S1}(f)] & \dots & E[P_{S1}^*(f)P_{SN}(f)] \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ E[P_{SN}^*(f)P_{S1}(f)] & \dots & E[P_{SN}^*(f)P_{SN}(f)] \end{bmatrix}$$

【수학적식 6】

<58> 여기서, E는 기대값, *는 공액복소수 또는 공액전치연산을 나타낸다.

<59> 상기 S310 단계에서, 랜덤(random)한 정상(stationary) 음장에서 음향 홀로그래피를 수행하는 것은 결국 홀로그램면에서의 음압을 측정하여 음원면 또는 다른 면에서의 음압 또는 속도 등의 수학적식6과 같은 스펙트럴 행렬을 구하는 것이다.

<60> 상기 수학식 6의 $S_{SS}(f)$ 는 M개의 독립 또는 완전 비상관 소음원이 존재하는 경우의 상기 수학식 4와 유사하게 아래의 수학식7과 같이 M개의 소음원들의 기여량의 합으로 표현할 수 있다.

<61> **【수학식 7】**
$$S_{SS}(f) = S_{S1S1}(f) + \dots + S_{SMSM}(f)$$

<62> 여기서, $S_{SiSi}(f)$ 는 i번째 소음원의 기여량을 나타낸다.

<63> 상기 수학식 6의 $S_{SS}(f)$ 의 랭크(rank)는 독립적인 소음원의 수에 의해 결정되며, 그 값은 M이다. 또한, $S_{SS}(f)$ 는 허미션(Hermitian)이고, 반 양정치(positive semi-definite)이므로, 아래의 수학식8과 같이 분해가 가능하다.

<64> **【수학식 8】**
$$S_{SS}(f) = \Gamma_s^*(f) \Gamma_s(f)$$

<65> 여기서, $\Gamma_s(f)$ 는 M×1 행렬이고, 유일하게 결정되지는 않는다. 상기 수학식 7로 표현되는 $S_{SS}(f)$ 는 특이치 분해 방법(singular value decomposition) 혹은 LU 분해 방법(LU decomposition method) 등과 같은 어떠한 분해방법을 이용하여 분해할 수 있다.

<66> 상기 수학식8에서, $\Gamma_s(f)$ 의 m번째 열을 $\Gamma_{s,m}(f)$ 로 표현하면, 음원면의 m번째 위치에서 음압의 자기 스펙트럼은 $\Gamma_{s,m}^*(f) \Gamma_{s,m}(f)$ 로 표현할 수 있다. 그리고, 자기 스펙트럼이 최대가 되는 위치를 m_{\max} 라 하고, $\Gamma_s(f)$ 의 m_{\max} 번째 열을 $\Gamma_{s,\max}(f)$ 라고 하면, 첫 번째 소음원의 $S_{SS}(f)$ 에 대한 기여량은 아래의 수학식9와 같이 구할 수 있다.

<67> **【수학식 9】**
$$S_{S1S1}(f) = \frac{\Gamma_{s1}^*(f) \Gamma_{s,\max}(f) \Gamma_{s,\max}^*(f) \Gamma_s(f)}{\Gamma_{s,\max}^*(f) \Gamma_{s,\max}(f)}$$

<68> 상기 음원면 각 점에서의 자기 스펙트럼과 서로 다른 점들 사이의 상호 스펙트럼으로 구성된 스펙트럴 행렬(spectral matrix) $S_{SS}(f)$ 에서 상기 수학식9와 같이표현되는 첫 번째 소음원의 기여량을 제거한 나머지 스펙트럴 행렬 $S_{SS-1}(f)$ 는 아래의 수학식 10과 같이 구할 수 있다.

<69> **【수학식 10】**
$$S_{SS-1}(f) = S_{SS}(f) - S_{S1S1}(f)$$

<70> 상기와 같이, 음원면 각 점에서의 자기 스펙트럼과 서로 다른 점들 사이의 상호 스펙트럼으로 구성된 스펙트럴 행렬에서 하나의 소음원의 기여량을 제거한 나머지 스펙트럴 행렬을 구하고, 다시 상기 나머지 스펙트럴 행렬에서 다른 하나의 소음원의 기여량을 제거하여 나머지 스펙트럴 행렬을 구하는 과정을 반복, 수행하여 각각의 소음원에 의한 기여량 또는 음장을 구한다.

<71> 도 4a는 본 발명의 일 실시예에 따른 음향 홀로그래피 시스템의 사시도이고, 도 4b는 상기 도 4a에서 검증을 위한 스피커 실험장치의 상부 개략도, 도 4c는 상기 도 4b의 스피커 실험장치의 측면 개략도이다.

<72> 도 4a 내지 도 4c에서, 아크릴 상자(100)에 6개의 스피커(10 내지 60)를 구성하여 각 스피커들을 독립적으로 구동시킨다. 그리고, 상기 각각의 스피커로부터 방사되는 음향의 주파수 대역에서의 스펙트럼을 측정하고 기준 음압을 제공하기 위해, 상기 아크릴 상자의 중심에서 약 1m 정도의 원거리에 6개의 기준 마이크로폰(미도시)을 구성한다. 그리고, 상기 스피커들로부터 방사되는 음향의 음압을 측정하기 위해, 마이크로폰 어레이(70)를 구성한다.

- <73> 또한, 상기 기준 마이크로폰 및 마이크로폰 어레이를 통해서 측정한 음원의 속성 데이터를 신호처리하고, 홀로그램을 영상화하기 위해, 컴퓨터(80)와 같은 신호처리수단을 구성한다.
- <74> 상기와 같이 구성한 음향 홀로그래피 시스템에서, 홀로그램면의 위치는 아크릴 상자의 중심에서 42.7cm 떨어진 곳에 위치되게 하고, 음원면의 위치는 아크릴 상자의 중심에서 32.1cm 떨어진 곳에 위치되게 한다.
- <75> 상기와 같이 음향 홀로그래피 시스템을 구성한 뒤, 24개의 마이크로폰을 5cm 간격으로 스피커의 수직방향으로 구성한 마이크로폰 어레이를 이용하여 홀로그램면에서의 음압을 길이방향으로 측정하고, 상기 마이크로폰 어레이를 아크릴 상자의 둘레를 6°간격으로 단계적으로 회전시켜 60개의 위치에서 홀로그램면에서의 음압을 원주방향으로 측정한다.
- <76> 도 5는 상기 도 4a에서의 한 개의 스피커만을 구동 시킨 경우에 하나의 기준 마이크로폰에서 측정한 음압의 스펙트럼 그래프이다.
- <77> 도 6은 일반적인 음향 홀로그래피 방법에 따른 상기 도 5의 음원면 음압의 음장 분포도이다.
- <78> 도 6에서, 주파수는 400Hz이며, 이 주파수 구간에서는 4개의 스피커가 주요 소음원이다. 그런데, 도 6에서는 3개의 스피커에 의한 음장만 어렴풋이 보이고, 다른 하나의 스피커에 의한 음장은 관찰하기 어렵다는 것을 알 수 있다. 또한, 어렴풋이 관찰되는 3개의 스피커에 의한 음장 역시 공간 겹침 현상에 의해 명확히 구별되지 않음을 알 수 있다.

<79> 도 7a 내지 7d는 본 발명에 따른 상기 도 5에서의 각각의 스피커들의 음압의 음장 분포도이다. 각각, 첫번째 스피커, 두번째 스피커, 세번째 스피커, 네번째 스피커에 의해 나타나는 음장 분포도이다.

<80> 도 7a 내지 도 7d에서, 상기 도 6에서는 전혀 관찰하지 못했던 스피커의 음장도 관찰할 수 있고, 다른 세 개의 스피커에 의한 음장 역시 더 명확히 구별하여 관찰할 수 있다.

<81> 위에서 양호한 실시예에 근거하여 이 발명을 설명하였지만, 이러한 실시예는 이 발명을 제한하려는 것이 아니라 예시하려는 것이다. 이 발명이 속하는 분야의 숙련자에게는 이 발명의 기술사상을 벗어남이 없이 위 실시예에 대한 다양한 변화나 변경 또는 조절이 가능함이 자명할 것이다. 그러므로, 이 발명의 보호범위는 첨부된 청구범위에 의해서만 한정될 것이며, 위와 같은 변화예나 변경예 또는 조절예를 모두 포함하는 것으로 해석되어야 할 것이다.

【발명의 효과】

<82> 이상과 같이 본 발명에 의하면, 소음원의 위치를 모르더라도 음향 홀로그래피에 의해 구한 음원의 음압을 이용하여 개별 소음원들을 구별, 영상화함으로써, 각 소음원 근처에 센서를 구비하지 않아도 되고, 음향 홀로그래피의 해상도를 높일 수 있고, 각 소음원의 우선순위를 결정할 수 있는 효과가 있다.

<83> 또한, 소음원의 위치를 사전에 인지한 경우, 즉, 자동차의 타이어, 엔진, 공력 소음 측정 등과 같은 소음원의 가까이에 센서를 설치하기 어려운 경우에도, 소프트웨어적인 수행과정만으로 개별 소음원들을 구별할 수 있는 효과가 있다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

음향 홀로그래피(Acoustic Holography)를 이용한 음원의 음장 영상화 방법에 있어서,
홀로그램면에서 측정된 음압을 이용하여 음원면에서의 음압을 계산하는 제1 단계;
상기 음원면에서의 가장 큰 음압의 위치를 갖는 하나의 음원을 추출하고, 상기 위치의 음압값을 자신의 완전 상관신호로 결정하는 제2 단계;
상기 완전 상관신호를 이용하여 상기 추출한 음원의 음장을 도출하는 제3 단계;
상기 전체 음원의 음장에서 상기 추출한 음원의 음장을 제거하고, 나머지 음장이 존재하는지를 판별하는 제4 단계; 및
상기 제4 단계에서 나머지 음장이 존재하는 경우에는, 상기 제2 단계로 회귀하는 제5 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 개별 음원의 음장 영상화 방법.

【청구항 2】

제 1 항에 있어서,
상기 제3 단계에서의 음원의 음장은,
상기 완전 상관신호를 이용하여 상기 음원면 각 점에서의 자기 스펙트럼과 서로 다른 점들 사이의 상호 스펙트럼으로 구성되는 스펙트럴 행렬에서의 각 음원의 기여량을 계산하여 도출하는 것을 특징으로 하는 개별 음원의 음장 영상화 방법.

【청구항 3】

컴퓨터에서,

홀로그램면에서 측정된 음압을 이용하여 음원면에서의 음압을 계산하는 제1 단계;

상기 음원면에서의 가장 큰 음압의 위치를 갖는 하나의 음원을 추출하고, 상기 위치의 음압값을 자신의 완전 상관신호로 결정하는 제2 단계;

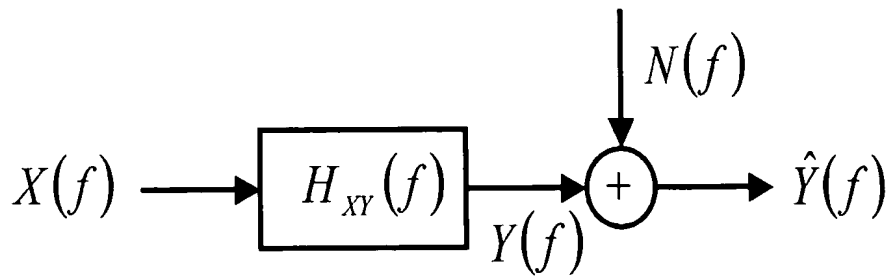
상기 완전 상관신호를 이용하여 상기 추출한 음원의 음장을 도출하는 제3 단계;

상기 전체 음원의 음장에서 상기 추출한 음원의 음장을 제거하고, 나머지 음장이 존재하는지를 판별하는 제4 단계; 및

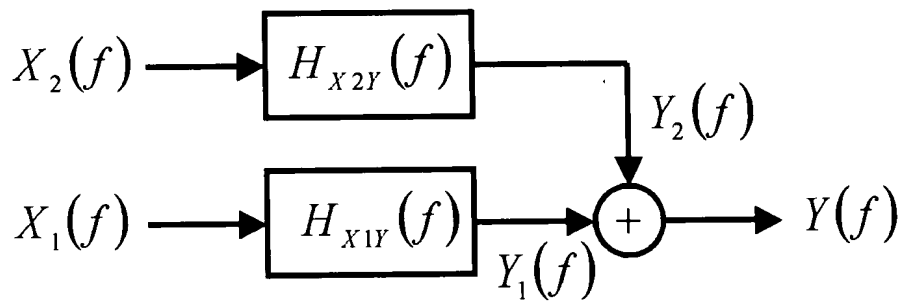
상기 제4 단계에서 나머지 음장이 존재하는 경우에는, 상기 제2 단계로 회귀하는 제5 단계를 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

【도면】

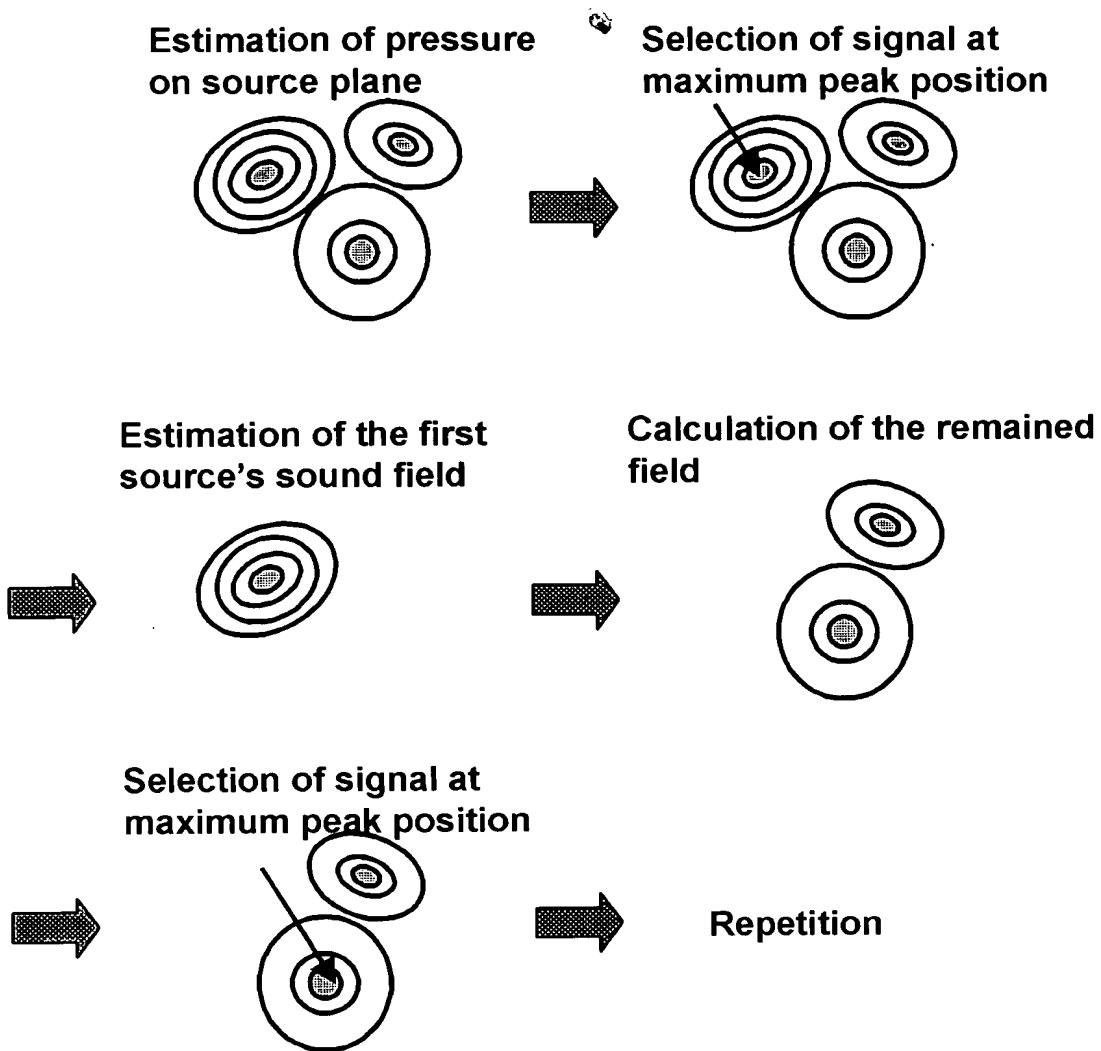
【도 1】



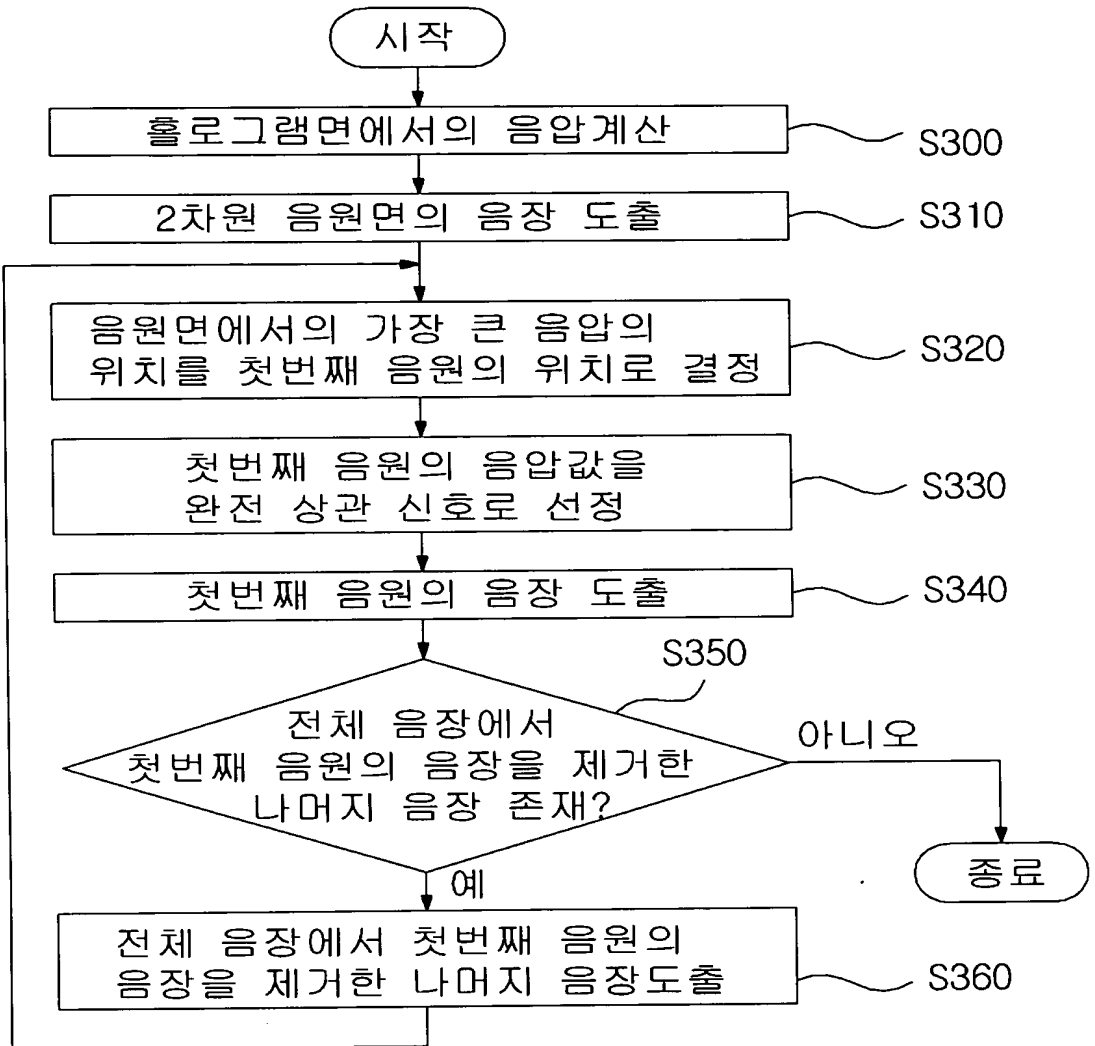
【도 2】



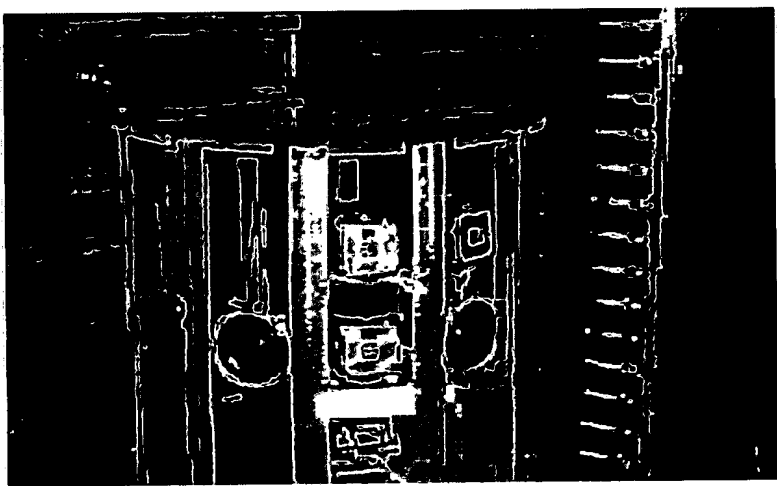
【도 3a】



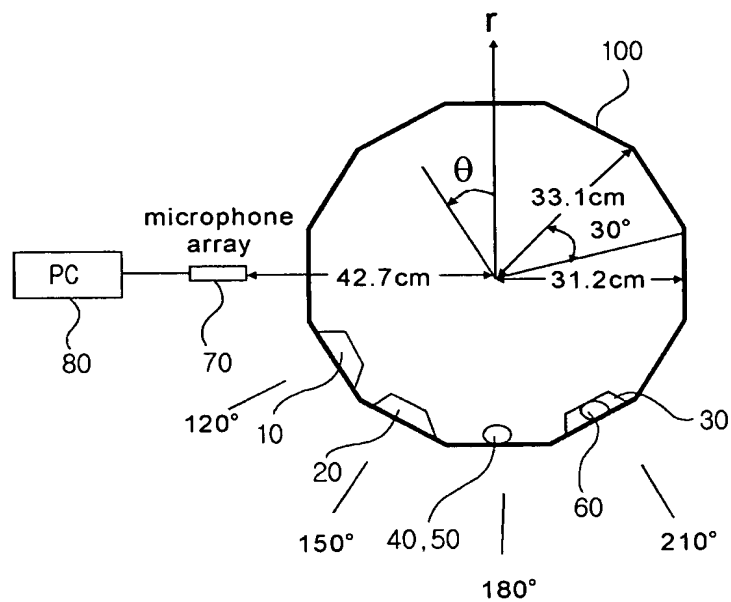
【도 3b】



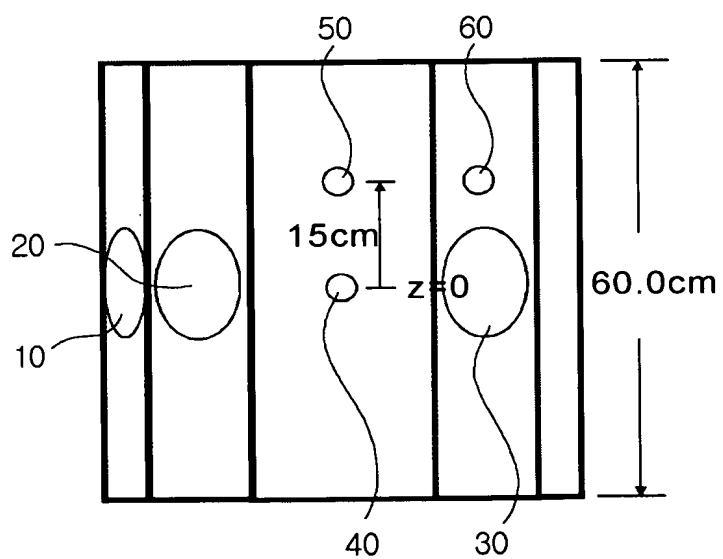
【도 4a】



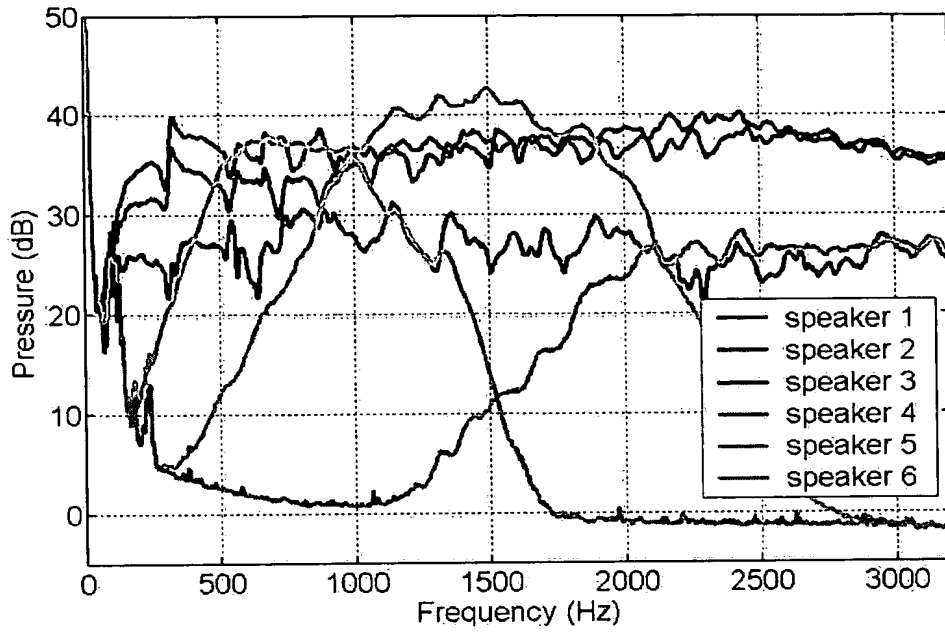
【도 4b】



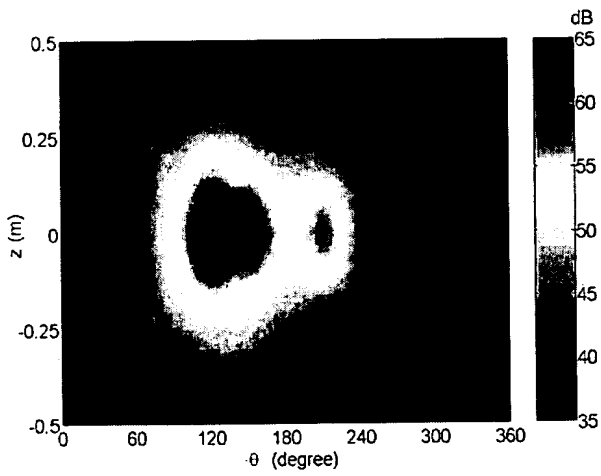
【도 4c】



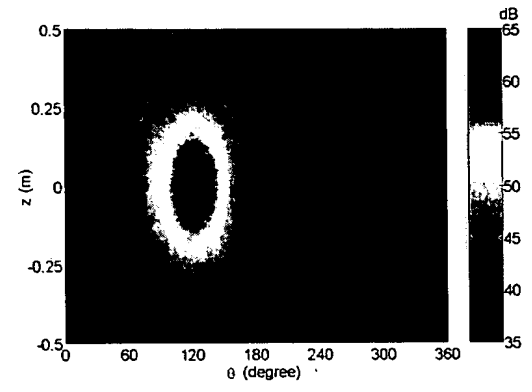
【도 5】



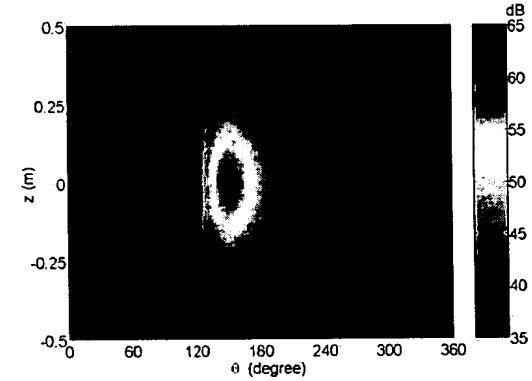
【도 6】



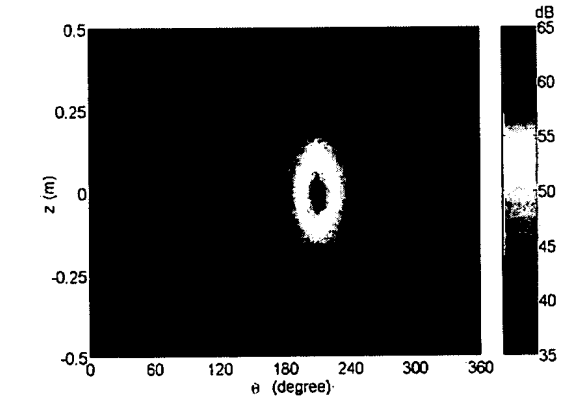
【도 7a】



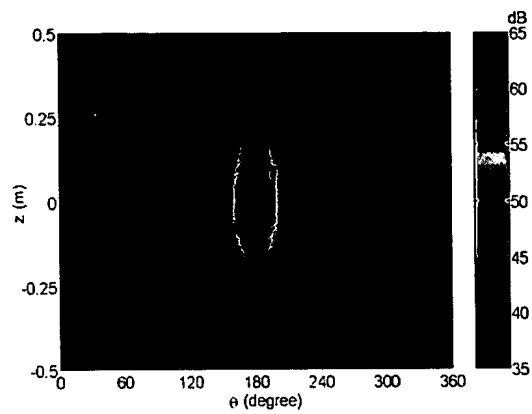
【도 7b】



【도 7c】



【도 7d】



4